

DERWENT-ACC- 2002-528457  
NO:

DERWENT- 200532  
WEEK:

*COPYRIGHT 2005 DERWENT INFORMATION LTD*

TITLE: Coating of articles made of aluminum-silicon alloys by initial processing and micro-arc oxidation

INVENTOR: BOLAEAKOV, V A ; CUDINOV, B A ; KRISTAL, M M ; PAVLICHIN, S E ;  
POLUNIN, V I ; SATROV, A S ; BOLSHAKOV, V A ; CHUDINOV, B A ;  
KRISHTAL, M M ; PAVLIKHIN, S E ; SHATROV, A S

PATENT- TORSET CO LTD[TORSR] , VOLGA AUTOVAZ ASSOC[VOLGR] ,  
ASSIGNEE: AVTOVAZ STOCK CO[AVTOR] , TORSET STOCK CO[TORSR]

PRIORITY-DATA: 2000WO-RU00511 (December 19, 2000)

**PATENT-FAMILY:**

PUB-NO	PUB-DATE	LANGUAGE	PAGES	MAIN-IPC
RU 2251596 C2	May 10, 2005	N/A	000	C25D 011/06
WO 200250343	A1 June 27, 2002	R	019	C25D 011/16
AU 200148930 A	July 1, 2002	N/A	000	N/A
DE 10085495 T	October 23, 2003	N/A	000	N/A

DESIGNATED- AL AM AT AU BB BG BR BY CA CH CN CZ DE DK EE ES FI GB GE HU IL  
STATES: IS JP KE KG KP KR KZ LK LR LS LT LU LV MD MG MK MN MW MX NO  
NZ PL PT RO RU SD SE SG SI SK TJ TM TR TT UA UG US UZ VN AT BE  
CH CY DE DK EA ES FI FR G B GR IE IT LU MC NL PT SE TR

**APPLICATION-DATA:**

PUB-NO	APPL-DESCRIPTOR	APPL-NO	APPL-DATE
RU 2251596C2	N/A	2000WO-RU00511	December 19, 2000
RU 2251596C2	N/A	2003RU-0122524	December 19, 2000
RU 2251596C2	Based on	WO 200250343	N/A

BEST AVAILABLE COPY

WO 200250343A1	N/A	2000WO-RU00511	December 19, 2000
AU 200148930A	N/A	2000WO-RU00511	December 19, 2000
AU 200148930A	N/A	2001AU-0048930	December 19, 2000
AU 200148930A	Based on	WO 200250343	N/A
DE 10085495T	N/A	2000DE-1085495	December 19, 2000
DE 10085495T	N/A	2000WO-RU00511	December 19, 2000
DE 10085495T	Based on	WO 200250343	N/A

**INT-CL (IPC):** C25D011/06, C25D011/16

**ABSTRACTED-PUB-NO:** WO 200250343A

**BASIC-ABSTRACT:**

**NOVELTY** - The method is carried out by initial processing of the alloy and its micro-arc oxidation. The initial processing is carried out until the silicon containing phase particles form independent inclusions and/or their chains. Thus the mean distance between the boundaries of adjacent silicon containing inclusions, on the material flat section, is more than 5 percent of the mean linear dimension of the inclusions. The initial processing is carried out by physical, mechanical, chemical, metallurgical or other means.

**USE** - For coating articles made of aluminum-silicon alloys.

**ADVANTAGE** - The coating quality is improved and power consumption is reduced. Adhesion and mechanical bond between the coating and oxidized alloy is improved.

**CHOSEN-DRAWING:** Dwg.0/9

**TITLE-TERMS:** COATING ARTICLE MADE ALUMINIUM SILICON ALLOY INITIAL PROCESS MICRO ARC OXIDATION

**DERWENT-CLASS:** M11

**CPI-CODES:** M11-B09; M11-E;

**SECONDARY-ACC-NO:**

**CPI Secondary Accession Numbers:** C2002-149601

(12) МЕЖДУНАРОДНАЯ ЗАЯВКА, ОПУБЛИКОВАННАЯ В СООТВЕТСТВИИ С  
ДОГОВОРом О ПАТЕНТНОЙ КООПЕРАЦИИ (РСТ)

(19) ВСЕМИРНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ  
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ  
Международное бюро



(43) Дата международной публикации:  
27 июня 2002 (27.06.2002)

(10) Номер международной публикации:  
WO 02/50343 A1

(51) Международная патентная классификация<sup>2</sup>:  
C25D 11/16

(21) Номер международной заявки: PCT/RU00/00511

(22) Дата международной подачи:  
19 декабря 2000 (19.12.2000)

(25) Язык подачи: русский

(26) Язык публикации: русский

(71) Заявители (для всех указанных государств, кроме (US): ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «ТОРСЭТ» [RU/RU]; 115201 Москва, Каширский проезд, д. 17, строение 18 (RU) [OBSHCHESTVO S OGRANICHENNOI OTVETSTVENNOSTIU «TORSET», Moscow (RU)]. АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «АВТО-ВАЗ» [RU/RU]; 445633 Тольятти, ул. Заставная, д. 2 (RU) [AKTSIONERNOE OBSHCHESTVO «AVTOVAZ», Tolyatti (RU)].

(72) Изобретатели; и

(75) Изобретатели/Заявители (только для (US): КРИШ-ТАЛ Михаил Михайлович [RU/RU]; 445011 Тольятти, ул. Жилина, д. 10, кв. 15 (RU) [KRISH-TAL, Mikhail Mikhailovich, Tolyatti (RU)]. ЧУДИНОВ Борис Анатольевич [RU/RU]; 445023 Тольятти, ул. Жилина, д. 44, кв. 69 (RU) [CHUDINOV, Boris Anatolevich, Tolyatti (RU)]. ПАВЛИХИН Сергей Евгеньевич [RU/RU]; 445047 Тольятти, ул. 70 лет Октября, д. 20, кв. 246 (RU) [PAVLIKHIN, Sergei Evgenievich, Tolyatti (RU)]. ПОЛУНИН Виктор Иванович [RU/RU]; 445028 Тольятти, Ленинский проспект, д. 31, кв.

269 (RU) [POLUNIN, Viktor Ivanovich, Tolyatti (RU)]. ШАТРОВ Александр Сергеевич [RU/RU]; 119619 Москва, ул. Нарофоминская, д. 13, кв. 27 (RU) [SHATROV, Alexandr Sergeevich, Moscow (RU)]. БОЛЬШАКОВ Василий Александрович [RU/RU]; 300004 Тула, ул. Щегловская, д. 5а, кв. 12 (RU) [BOLSHAKOV, Vasily Alexandrovich, Tula (RU)].

(74) Агент: ООО Патентные поверенные «КВАШНИН САПЕЛЬНИКОВ И ПАРТНЕРЫ»; 103064 Москва, ул. Казакова, д. 16 (RU) [ООО PATENTNYE POVERENNYE «KVASHNIN, SAPELNIKOV I PARTNERY», Moscow (RU)].

(81) Указанные государства (национально): AL, AM, AT, AU, BB, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, GB, GE, HU, IL, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, TJ, TM, TR, TT, UA, UG, US, UZ, VN.

(84) Указанные государства (регионально): евразийский патент (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), европейский патент (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).

Опубликована

С отчётом о международном поиске.

В отношении двухбуквенных кодов, кодов языков и других сокращений см. «Пояснения к кодам и сокращениям», публикуемые в начале каждого очередного выпуска Бюллетеня РСТ.

(54) Title: METHOD FOR COATING ARTICLES MADE OF ALUMINIUM SILICON-CONTAINING ALLOYS

(54) Название изобретения: СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ПОКРЫТИЯ НА ИЗДЕЛИЯХ ИЗ АЛЮМИНИЕВЫХ, СОДЕРЖАЩИХ КРЕМНИЙ, СПЛАВОВ

(57) Abstract: The invention relates to mechanical and material engineering and can be used for improving operational characteristics of surfaces of articles made of aluminium and aluminium-silicon alloys. The inventive method for coating articles made of aluminium silicon containing alloys consists of alloy pre-treatment and a micro-arc oxidation. Said alloy pre-treatment is carried out until a structure is formed in which particles of silicon-containing phases are arranged in the form of individual inclusions and/or the chains thereof in such a way that a mean distance between boundaries of the adjacent silicon-containing inclusions on the flat section of material exceeds 5 % of a mean linear dimension of the inclusions. Said invention makes it possible to improve adhesion and mechanical bond between the coating and the oxidised alloy and optimise said alloy with respect to practical operating requirements. The invention also reduces power consumption.

[Продолжение на след. странице]

WO 02/50343 A1



---

**(57) Реферат:** Изобретение относится к области машиностроения и материаловедению и может быть использовано для повышения эксплуатационных свойств поверхностей изделий из алюминиевых, в том числе алюминиево-кремниевых, сплавов.

Заявлен способ получения покрытия на изделиях из алюминиевых, содержащих кремний сплавов, включающий предварительную обработку сплава и микродуговое оксидирование, в котором предварительную обработку сплавов проводят до образования такой структуры, при которой частицы кремнийсодержащих фаз располагаются в виде отдельных включений и/или их цепочек таким образом, чтобы на плоском срезе материала среднее расстояние между границами соседних кремнийсодержащих включений составляло более 5% от среднего линейного размера включений.

Изобретение позволяет повысить адгезию и механическое сцепление покрытия с оксидируемым сплавом и оптимизировать сплав под конкретные эксплуатационные требования при невысоких энергозатратах.

## СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ПОКРЫТИЯ НА ИЗДЕЛИЯХ ИЗ АЛЮМИНИЕВЫХ, СОДЕРЖАЩИХ КРЕМНИЙ, СПЛАВОВ.

### Описание.

#### Область техники.

Изобретение относится к области машиностроения и материаловедения и может быть использовано для повышения эксплуатационных свойств поверхностей изделий из алюминиевых, в том числе алюминий-кремниевых, сплавов. Изобретение может найти применение, в частности, в машиностроении и других отраслях, где используются алюминиевые сплавы.

Литейные и деформируемые алюминиевые сплавы, благодаря своим физико-химическим и механическим свойствам являются высокотехнологичными материалами и уже нашли широкое применение при изготовлении деталей в устройствах, где снижение общего веса изделия крайне желательно, например, в автомобилестроении. При этом всегда остро стоит задача повышения износостойкости этих деталей, их рабочих поверхностей. Одним из современных путей упрочнения рабочих поверхностей является нанесение керамических покрытий путём оксидирования.

#### Предшествующий уровень техники.

Известен способ упрочнения поверхности деталей из вентильных, в том числе алюминиевых, сплавов на основе микродугового оксидирования (МДО), заключающийся в том, что перед МДО поверхность изделия предварительно подвергают поверхностному пластическому деформированию до степени деформации сдвига 0,3 – 0,9. При этом повышаются толщина покрытия, микротвёрдость, снижается шероховатость ( *Патент RU № 2085615* ). Однако, этот способ не обеспечивает получения качественного покрытия с хорошей адгезией к оксидируемому сплаву при содержании в нем кремния более 3 % в виду сильного экранирующего эффекта от кремнийсодержащих фаз (КФ).

Известен также способ получения твёрдых защитных покрытий на изделиях из алюминиевых сплавов, включающий анодно-катодное оксидирование в щелочном

электролите с температурой 15 - 50°C, с использованием переменного тока частотой

50 –60 Гц, в котором в начальной стадии процесса в течение 5 –90 секунд оксидирование ведут при плотности тока 160 – 180 А/дм<sup>2</sup>, а затем плотность тока снижают до 3 – 30 А/дм<sup>2</sup> и ведут процесс в режиме самопроизвольного снижения потребляемой мощности до получения заданной толщины покрытия ( WO 99/31303). При МДО кремнийсодержащих алюминиевых сплавов начальный резко повышенный токовый режим необходим для подавления экранирующего эффекта от КФ.

Однако данный способ требует высоких энергетических затрат, особенно в начальной стадии, для достижения плотности тока 160 – 180 А/дм<sup>2</sup>, поэтому применение его в условиях больших объемов выпуска изделий с защитным покрытием экономически малоцелесообразно.

#### Раскрытие сущности изобретения.

Задача данного изобретения состоит в разработке относительно незнергоёмкого способа получения качественного керамического покрытия методом микродугового оксидирования на алюминиевых сплавах, содержащих, преимущественно, более 3% кремния, который обеспечивает повышение адгезии покрытия к оксидируемому сплаву и возможность оптимизации под конкретные эксплуатационные требования (условия) микротвердости, пористости, шероховатости и толщины покрытия, а также его равномерности (волнистости границы раздела «покрытие – основа») путем уменьшения экранирующего эффекта от кремнийсодержащих фаз за счет изменения параметров структуры оксидируемого сплава.

Поставленная задача решается с помощью способа получения покрытия на изделиях из алюминиевых, содержащих кремний сплавов, включающий предварительную обработку сплава и микродуговое оксидирование, в котором предварительную обработку сплавов проводят до образования такой структуры, при которой частицы кремнийсодержащих фаз располагаются в виде отдельных включений и/или их цепочек таким образом, чтобы на плоском срезе материала среднее расстояние между границами соседних кремнийсодержащих включений составляло более 5% от среднего линейного размера включений.

Перед МДО изделий из алюминиевых сплавов, содержащих преимущественно более 3% кремния, путем воздействия энергетическими, физическими, механическими, химическими, металлургическими или другими методами или их сочетанием на отдельных стадиях технологического процесса формируют такую структуру оксидируемого сплава, при которой частицы КФ располагаются в виде отдельных включений или их цепочек так, чтобы наблюдаемое на плоском срезе материала

(шлифе) среднее расстояние  $A$  ( см. фиг.1) между ближайшими границами различных включений с учетом их распределения в плоскости шлифа составляло более 5% от

среднего из максимальных линейных размеров  $B$  этих включений, где  $A$  и  $B$  определяются следующим образом:

- 1) проводятся отрезки, наикратчайшим путем соединяющие границы различных ближайших друг к другу включений;
- 2) проводятся отрезки, наикратчайшим путем соединяющие границы ближайших к друг другу включений, входящих в различные ближайшие образовавшиеся после первой операции (п.1) группы включений (вторая операция повторяется до тех пор, пока на анализируемом участке не останется отдельных групп включений);
- 3) величина  $A$  определяется как средняя длина отрезков, полученных после предыдущих действий;
- 4) величина  $B$  определяется как средняя величина из максимальных измеренных в плоскости шлифа линейных размеров включений.

После предварительной обработки сплава проводят микродуговое оксидирование. В качестве электролита используют преимущественно водный раствор гидроокиси калия

( 1 – 2 г/л ) и жидкого стекла,  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  ( 2 – 4 г/л).

В результате обеспечивается образование покрытия с требуемыми в заданных эксплуатационных условиях адгезией и механическим сцеплением с оксидируемым сплавом, микротвердостью, когезией, пористостью, шероховатостью, толщиной и равнотолщинностью покрытия, а также волнистостью границы раздела «покрытие – основа».

Ниже приведен пример реализации данного способа при разработке технологии упрочнения рабочей поверхности алюминиевого блока цилиндров.

Экспериментальные образцы из алюминиевого литейного сплава АК6М2 (ГОСТ 1583; аналог по стандарту ASTM: SG 64D, таблица 1) были изготовлены из отливки в кокиль (размер отливки: диаметр – 45 мм, высота – 15 мм). Затем образцы были подвергнуты микродуговому оксидированию как в исходном состоянии, так и после различных термообработок (таблица 2).

Далее на поперечных шлифах проводился микроструктурный анализ основы и покрытий, полученных на этих образцах методом МДО. Структуры сплавов (основы) приведены на фиг. 2 – 6.

Таблица 1. Химический состав сплава АК6М2

Элемент	Mg %	Si %	Mn %	Cu %	Ti %	Ni %	Fe %	Zn %	Pb %	Sn %	Прочие
по ГОСТ1583	0,30-0,45	5,5-6,5	0,10	1,8-2,3	0,10-0,20	0,05	0,60	0,06	-	-	-
по факту	0,44	6,5	0,05	2,28	0,11	-	0,54	-	-	-	-

Таблица 2. Термообработки перед микродуговым оксидированием сплава АК6М2

Обозначение в тексте	Режим термообработки
T2	старение 4 часа $235 \pm 5$ °C
T6(1)	гомогенизирующий отжиг в течение 4 часов при $515 \pm 5$ °C с последующей закалкой от $515 \pm 5$ °C в воду, нагретую до $T > 80$ °C, + старение 4 часа при $235 \pm 5$ °C
T6(2)	гомогенизирующий отжиг в течение 8 часов при $515 \pm 5$ °C с последующей закалкой от $515 \pm 5$ °C в воду, нагретую до $T > 80$ °C, + старение 4 часа при $235 \pm 5$ °C
T6(3)	гомогенизирующий отжиг в течение 12 часов при $515 \pm 5$ °C с последующей закалкой от $515 \pm 5$ °C в воду, нагретую до $T > 80$ °C, + старение 4 часа при $235 \pm 5$ °C

В целом микроструктура всех исследуемых вариантов характеризуется наличием упрочняющих интерметаллидов в  $\alpha$ -фазе и эвтектики ( $\alpha$  + КФ). Основное различие наблюдается в форме и размерах включений КФ. Для образцов без термообработки и обработанных по T2 структура не имеет существенных металлографических различий (фиг. 2 и фиг. 3): мелкодисперсная эвтектика, содержащая КФ,



располагается по границам зерен  $\alpha$ -фазы в виде сплошных участков. После термообработки по Т6 наблюдается коагуляция и сфероидизация КФ, причем развитие этих процессов тем сильнее, чем больше длительность гомогенизирующего отжига перед закалкой (фиг. 4 – 6). То есть, по сравнению с Т2, термообработка по Т6 и увеличение длительности гомогенизирующего отжига при Т6 приводят к снижению сплошности эвтектических участков по границам зерен  $\alpha$ -фазы.

Приведенные далее результаты доказывают, что свойства керамических покрытий, полученных на образцах из одного и того же сплава при одинаковом режиме МДО, определяются его исходной структурой, формирующейся в зависимости от режима термообработки, что обусловлено экранирующим эффектом от КФ, выражающимся в том, что КФ препятствует росту покрытия при МДО (см. ниже).

На фиг. 7 представлены микроструктуры покрытий, полученных методом МДО, на образцах АК6М2 с различной предварительной термообработкой. Видно, что при приготовлении микрошлифов на образцах без термообработки наблюдается растрескивание (фиг.7а) и отслоение покрытия (фиг. 7б). На образцах с термообработкой по Т2 практически по всей границе раздела «покрытие – основа»

наблюдается магистральная трещина (фиг. 7в), что свидетельствует о слабой адгезии покрытия. На образцах с термообработкой по Т6 с различной длительностью гомогенизирующего отжига растрескивания и отслоения покрытий не наблюдаются, граница раздела «покрытие – основа» – сплошная, без трещин (например, для

термообработки по Т6 с коротким временем выдержки при гомогенизирующем отжиге см. фиг. 7г).

В таблице 3 представлены результаты измерения параметров толщины и твердости покрытий, полученных методом МДО. Отметим, что для образцов без термообработки при приготовлении шлифа не удастся сохранить сплошность покрытия (фиг.7а-б), что свидетельствует о его слабых адгезионных и когезионных свойствах (покрытие скалывается на длине, составляющей до 95% от общей длины границы раздела «покрытие – металл»). Поэтому, толщина для образца без термообработки была измерена только на оставшемся участке с покрытием. Тем не менее, для образцов без термообработки даже на оставшемся участке следует

отметить резко выделяющуюся величину коэффициента вариации толщины покрытия, что свидетельствует о наибольшей, в сравнении с другими исследованными вариантами, разнотолщинности. Также отметим, что наименьшая разнотолщинность наблюдается для варианта с предварительной термообработкой по Т6(2).

Таблица 3. Свойства покрытий

Варианты термообработки для АК6М2	Толщина, мм	Коэффициент вариации толщины	Твердость, HV0,1	Коэффициент вариации твердости
без термообработки	$0,148 \pm 0,076$	0,632	$758 \pm 53$	0,161
T2	$0,116 \pm 0,008$	0,195	$566 \pm 73$	0,294
T6(1)	$0,106 \pm 0,006$	0,161	$784 \pm 67$	0,195
T6(2)	$0,109 \pm 0,005$	0,134	$809 \pm 76$	0,215
T6(3)	$0,131 \pm 0,010$	0,231	$731 \pm 91$	0,285

Представленные в таблице результаты измерения твердости HV0,1 и коэффициента вариации твердости покрытия свидетельствуют о большом влиянии на эти величины режимов предварительной термообработки.

Для покрытий, полученных методом МДО, известно, что чем больше коэффициент вариации микротвердости, тем больше пористость. Таким образом, по данным таблицы можно заключить, что наименьшей пористостью обладают покрытия, полученные на образцах с термообработкой по Т6(1) и Т6(2). Покрытия, полученные на образцах с термообработкой по Т2 и Т6(3), обладают примерно равной пористостью при различной твердости, что указывает на другие структурные отличия этих вариантов.

Также обнаружено, что необходимую для обеспечения требуемой износостойкости пары трения «верхнее поршневое компрессионное кольцо – гильза» шероховатость на образцах из сплава АК6М2 с покрытием, полученным методом МДО, удастся получить только после термообработок по Т6(1) и Т6(2).

На фиг.1 представлена схематизированная структура образца с термообработкой по Т6(1), полученная путем компьютерной обработки соответствующей реальной

микроструктуры (фиг.4). На схематизированной структуре видны частицы КФ (серые участки). Также на схематизированной структуре показаны отрезки, обозначающие расстояние между частицами КФ в соответствии с приведенным на с.3 описания алгоритмом. По этому алгоритму для представленной на фиг.7 схематизированной структуры имеем  $\frac{A}{B} \cdot 100\% \approx 45\% > 5\%$ , что подтверждает эффективность

указанного в формуле изобретения критерия получения качественного покрытия методом МДО на алюминиево-кремниевых сплавах.

Таким образом, режимы предварительной термообработки алюминиевого сплава АК6М2 имеют определяющее значение для качества покрытий, получаемых методом МДО. При этом изменяются толщина, твердость, пористость, однородность, адгезия и когезия, а также достижимый уровень шероховатости покрытия и, в конечном итоге, износостойкость покрытия и контртела. Найден режим предварительной термообработки, позволяющий сформировать несплошную структуру цепочек КФ и получить качественное МДО-покрытие с хорошей адгезией и требуемым уровнем шероховатости после финишной механической обработки. При этом износ контртела в паре с покрытием, полученным методом МДО, оказывается меньшим или, по крайней мере, сопоставимым с его износом в паре с образцом из Gh 190 B (нормаль «Фиат-ВАЗ» 52205 для отливок блоков цилиндров).

В целях проведения испытаний на реальных деталях цилинд्रो-поршневой группы были изготовлены гильзы для блока цилиндров из сплава АК6М2 с оптимизированной под МДО структурой по данному способу. Гильзы были запрессованы в чугунный блок и заоксидированы, что моделировало моноблок из алюминиевого сплава (фиг.8). Далее этот блок был установлен на двигатель и прошел стендовые испытания. Заоксидированная рабочая поверхность гильз практически не изнашивалась, а износ поршневых колец оказался меньше или, в некоторых случаях, на уровне их износа при работе с чугунным блоком.

Представленный в выше приведенном примере метод воздействия на структуру можно отнести к энергетическим.

Для оценки влияния модификации структуры путем введения специальных лигатур на оксидируемость алюминиево-кремниевых сплавов исследование проводили на

образцах сплава АК12ММгН (таблица 4), полученных путем отливки в кокиль (размер отливки: диаметр – 45 мм, высота – 15 мм). Далее оба образца были подвергнуты термообработке по режиму Т6(1) (см. таблицу 1). На фиг. 9 представлены структуры образцов сплава АК12ММгН после Т6(1), из которых

первый образец отлит без применения специальных модификаторов структуры (фиг.9а), а второй образец — с введением в расплав лигатуры AlSr10 (фиг.9б).

Таблица 4. Химический состав сплава АК12ММгН

Элемент	Mg %	Si %	Mn %	Cu %	Ti %	Ni %	Fe %	Zn %	Pb %	Sn %	Прочие
по ГОСТ1583	0,8-1,3	11,0- 13,0	0,2	0,5- 1,5	0,2	0,8-1,3	0,7	0,2	0,05	0,01	-

Из сравнения микроструктур, представленных на фиг.10, видно, что, с точки зрения экранирующего эффекта от КФ при МДО, при введении модификатора структура становится более прозрачной.

Далее проводилось МДО. Как и в предыдущих случаях, адгезия покрытия оказывалась выше при большей, с точки зрения экранирующего эффекта от КФ, прозрачности структуры, что в данном случае соответствует сплаву АК12ММгН с лигатурой AlSr10 (фиг.10б).

Для проверки комплексного влияния обработок на повышение прозрачности структуры с точки зрения экранирующего влияния КФ использовали сплав АК12ММгН (см. таблицу 4), который был отлит без применения специальных модификаторов и имел игольчатую структуру кремнийсодержащих фаз. После изготовления из отливок круглых образцов проводили их поверхностную обработку деформированием роликом с проскальзыванием. После этого проводили обработку по Т6(1) (таблица 2). В результате получали измельчение структуры в приповерхностной области, повышение равномерности распределения КФ и степени его сфероидизации, что приводило к повышению прозрачности структуры с точки зрения экранирующего эффекта от КФ. Качество покрытия получалось на уровне покрытия на образцах, отлитых с применением модифицирующей лигатуры AlSr10 (см. выше).

Такие возможны другие предшествующие МДО методы воздействия на структуру, которые позволяют оптимизировать ее в требуемом для создания качественного покрытия направлении. Это физические методы (например, ультразвуковое воздействие при кристаллизации расплава, приводящее к измельчению структурных составляющих материала), механические (например, объемное или поверхностное деформирование различными методами, в том числе,

со сложным движением деформирующего инструмента, приводящее к измельчению и

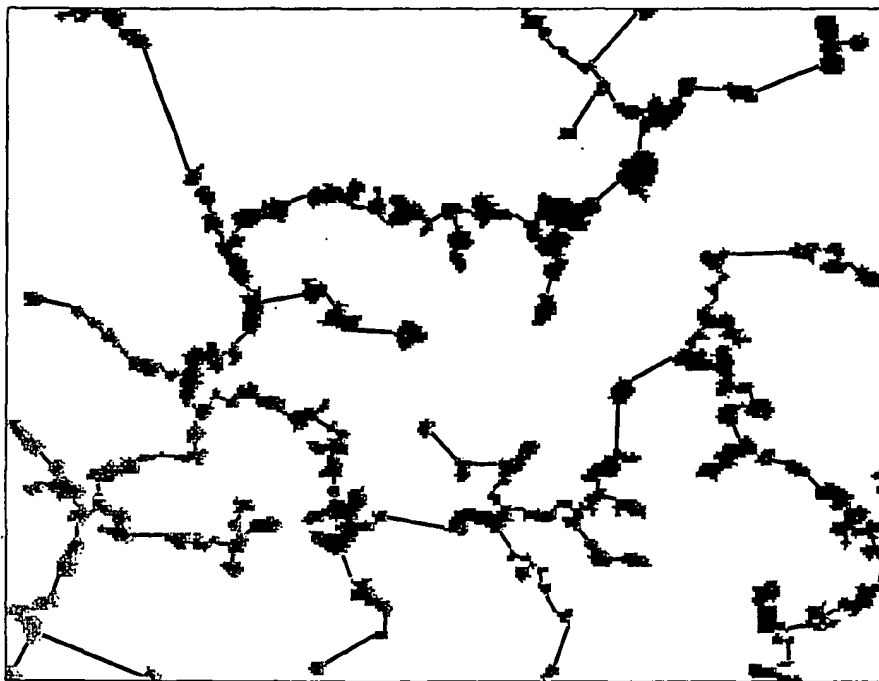
перераспределению структурных составляющих в исходном материале), металлургические (например, кроме описанных выше, выдержка металла перед кристаллизацией длительное время в расплавленном состоянии, что приводит к измельчению структуры) и другие методы. Возможна комбинация различных методов. Например, поверхностное деформирование для измельчения частиц КФ с последующей их термообработкой для сфероидизации измельченных частиц, которая приводит к увеличению отношения  $A/B$ .

#### **Промышленная применимость.**

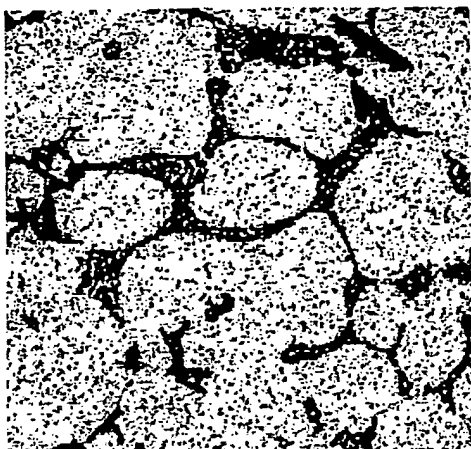
Предложенный способ может найти применение при нанесении износостойких покрытий на детали из алюминиевых, содержащих кремний сплавов, работающих в абразивосодержащих и агрессивных средах, в частности на поршни и гильзы цилиндров двигателей внутреннего сгорания, рабочие детали компрессорного оборудования, подшипники, элементы запорной арматуры, теплообменники и т. п. Изобретение позволяет повысить адгезию и механическое сцепление покрытия с оксидируемым сплавом и оптимизировать сплав под конкретные эксплуатационные требования при невысоких энергетических затратах.

**ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ.**

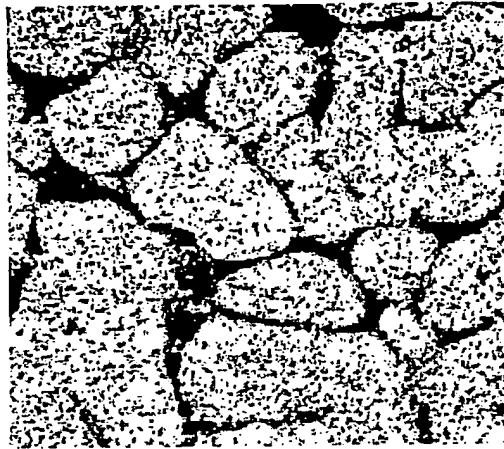
1. Способ получения покрытия на изделиях из алюминиевых, содержащих кремний сплавов, включающий предварительную обработку сплава и микродуговое оксидирование, отличающийся тем, что предварительную обработку сплавов проводят до образования такой структуры, при которой частицы кремнийсодержащих фаз располагаются в виде отдельных включений и/или их цепочек таким образом, чтобы на плоском срезе материала среднее расстояние между границами соседних кремнийсодержащих включений составляло более 5% от среднего линейного размера включений.
2. Способ по п. 1, отличающийся тем, что предварительную обработку сплавов проводят путем воздействия энергетическими, физическими, механическими, химическими, металлургическими или другими методами, или их сочетанием.



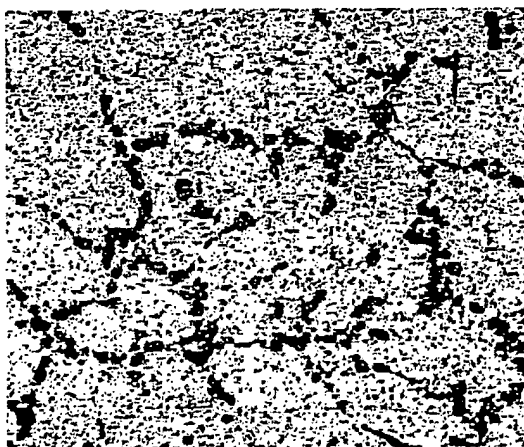
Фиг. 1. Схематизированная структура образца с термообработкой по Т6(1): на рисунке показаны расстояния  $A$  между границами различных ближайших друг к другу включений (черные отрезки)



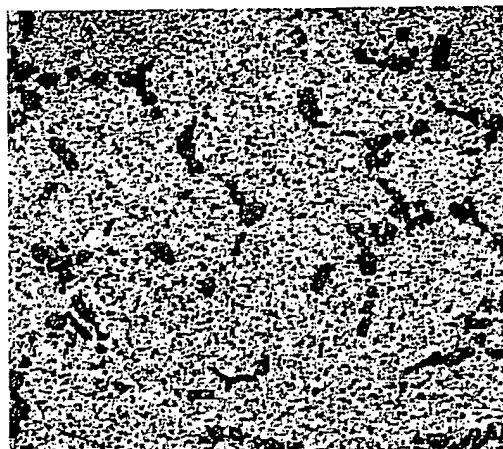
**Фиг. 2.** Микроструктура образца без термообработки, х500



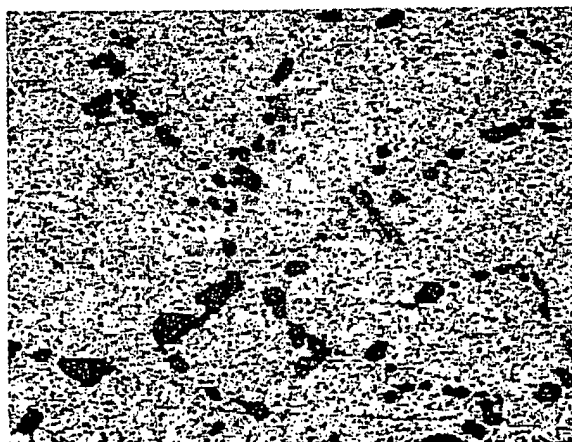
**Фиг.3.** Микроструктура образцов с термообработкой по Т2, х500



**Фиг. 4.** Микроструктура образца с термообработкой по Т6(1) (короткий гомогенизирующий отжиг), х500



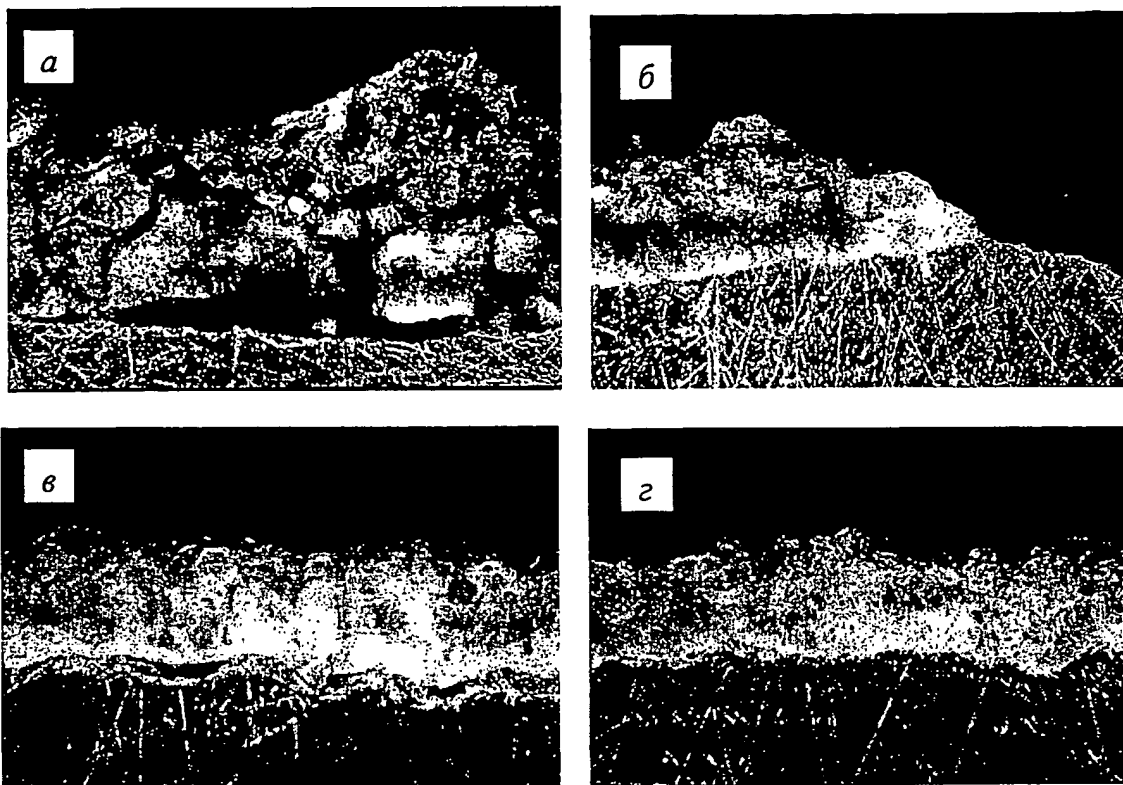
**Фиг. 5.** Микроструктура образцов с термообработкой по Т6(2) (гомогенизирующий отжиг средней продолжительности), х500



**Фиг. 6.** Микроструктура образца с термообработкой по Т6(3) (длительный гомогенизирующий отжиг), х500

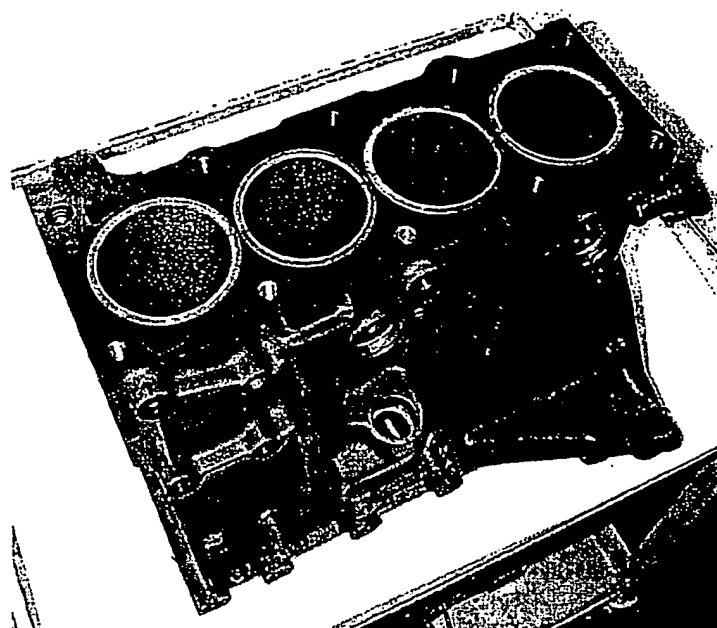


3/5



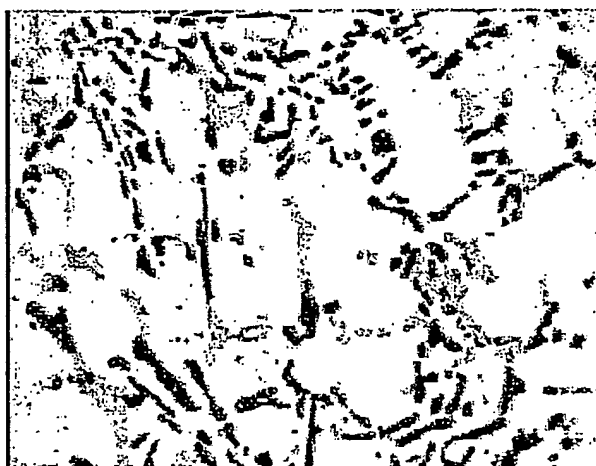
**Фиг. 7.** Микроструктуры МДО-покрытий на образцах АК6М2 с различной предварительной термообработкой: а, б – без термообработки, в – Т2, г – Т6(1),  $\times 200\times 0,5$

4/5

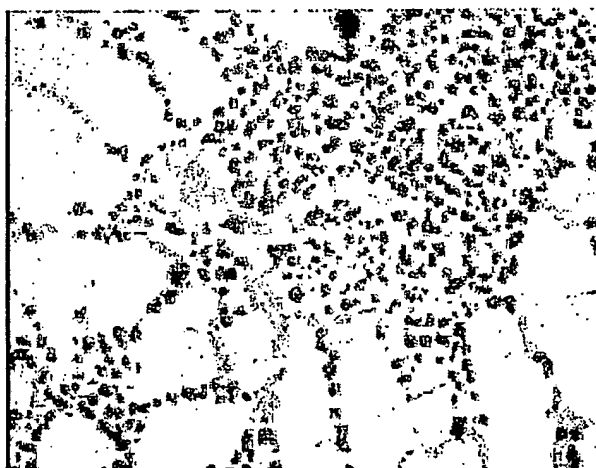


Фиг. 8. Экспериментальный блок с гильзами из АК6М2 с МДО

5/5



a)



б)

Фиг. 9. Микроструктуры сплава АК12ММгН: (а) без специальной лигатуры, (б) с добавлением лигатуры AlSr10, x400

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/RU00/00511

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

C25D 11/16

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

C25D 11/00, 11/06, 11/16, 11/22, C22F 1/04-1/057, C23C 8/02

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	RU 2085615 C1 (MOSKOVSKAYA GOSUDARSTVENNAYA AKADEMIYA AVTOMOBILNOGO I TRAKTORNOGO MASHINOSTROENNIYA) 27.07.1997	1-2
A	EP 1050606 A (ISLE COAT LIMITED) 08.11.2000	1-2
A	JP 57023096 A (SNOWA ALUMINIUM CO LTD), 19820206 DW198211, the abstract, (on-line), found in EPOQUE, database WPI, date of access 28.08.2001, access number AN 1982-20905E	1-2

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&amp;" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
03 September 2001 (03.09.01)Date of mailing of the international search report  
13 September 2001 (13.09.01)Name and mailing address of the ISA/  
RU

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

# ОТЧЕТ О МЕЖДУНАРОДНОМ ПОИСКЕ

Международная заявка №  
PCT/RU 00/00511

<b>А. КЛАССИФИКАЦИЯ ПРЕДМЕТА ИЗОБРЕТЕНИЯ:</b> C25D 11/16 Согласно международной патентной классификации (МПК-7)		
<b>В. ОБЛАСТИ ПОИСКА:</b> Проверенный минимум документации (система классификации и индексы) МПК-7: C25D 11/00, 11/06, 11/16, 11/22, C22F 1/04-1/057, C23C 8/02		
Другая проверенная документация в той мере, в какой она включена в поисковые подборки:		
Электронная база данных, использовавшаяся при поиске (название базы и, если, возможно, поисковые термины):		
<b>С. ДОКУМЕНТЫ, СЧИТАЮЩИЕСЯ РЕЛЕВАНТНЫМИ:</b>		
Категория*	Ссылки на документы с указанием, где это возможно, релевантных частей	Относится к пункту №
A	RU 2085615 C1 (МОСКОВСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ АВТОМОБИЛЬНОГО И ТРАКТОРНОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ) 27.07.1997	1-2
A	EP 1050606 A (ISLE COAT LIMITED) 08.11.2000	1-2
A	JP 57023096 A (SNOWA ALUMINIUM CO LTD), 19820206 DW198211, реферат, [on-line], найдено в EPOQUE, база данных WPI, дата доступа 28.08.2001, номер доступа AN 1982-20905E	1-2
<input type="checkbox"/> последующие документы указаны в продолжении графы С. <input type="checkbox"/> данные о патентах-аналогах указаны в приложении		
* Особые категории ссылаемых документов: A документ, определяющий общий уровень техники E более ранний документ, но опубликованный на дату международной подачи или после нее O документ, относящийся к устному раскрытию, экспонированию и т.д. P документ, опубликованный до даты международной подачи, но после даты испрашиваемого приоритета и т.д. T более поздний документ, опубликованный после даты приоритета и приведенный для понимания изобретения X документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска, порочащий новизну и изобретательский уровень Y документ, порочащий изобретательский уровень в сочетании с одним или несколькими документами той же категории & документ, являющийся патентом-аналогом		
Дата действительного завершения международного поиска: 03 сентября 2001 (03.09.2001)		Дата отправки настоящего отчета о международном поиске: 13 сентября 2001 (13.09.2001)
Наименование и адрес Международного поискового органа: Федеральный институт промышленной собственности Россия, 121858, Москва, Бережковская наб., 30-1 Факс: 243-3337, телетайп: 114818 ПОДАЧА		Уполномоченное лицо: Е.Носырева Телефон № (095)240-25-91

Форма PCT/ISA/210 (второй лист)(июль 1998)

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**